

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON DIVERSAS FUENTES SOBRE EL
RENDIMIENTO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)**

**EFFECT OF THE FERTILIZATION WITH DIVERSE SOURCES ON THE YIELD OF
CACAO (*Theobroma cacao* L.)**

José Luis Ruales Mora¹ , Hernán Burbano Orjuela² , William Ballesteros P².

Fecha de recepción: 15 septiembre de 2010

Fecha de aceptación: 15 febrero de 2011

RESUMEN

La nutrición es una alternativa para incrementar los rendimientos en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.); por tal razón el objetivo de este ensayo fue evaluar tres niveles de fertilización. Tratamiento 1 (500 gramos/árbol/año de Yaramila Hydran (19-4-19-3(MgO)-1,8(S)-0,1(B)-0,1(Zn)), 350 gramos/árbol/año de Nitrabor (15,5-0-0-26 (CaO)-0,3(B), 250 gramos/árbol/año de Kmag (0-0-22-18(MgO)-22 (S) y 50 gramos/árbol/año de KCl granulado). Tratamiento 2 (250 gramos/árbol/año de Yaramila Hydran (19-4-19-3(MgO)-1,8(S)-0,1(B)-0,1(Zn)), 175 gramos/árbol/año de Nitrabor (15,5-0-0-26 (CaO)-0,3(B), 125 gramos/árbol/año de Kmag (0-0-22-18(MgO)-22 (S) y 25 gramos/árbol/año de KCl granulado); estos tratamientos se fraccionaron cada 4 meses para mejorar la asimilación de los nutrientes por parte de las plantas. Tratamiento 3 (300 gramos/árbol/año de ácidos húmicos y 100 gramos/árbol/año de Sulfomag (K 26 %, Mg 11 %, S 20 %). Se evaluó el rendimiento del cacao en cinco materiales (híbridos, CCN-51, TSH-565, CAP-34, ICS-60); el ensayo se realizó en la Granja Luker ubicada en Palestina, Caldas. Se presentaron diferencias significativas entre las dosis de los tratamientos, produciéndose los mejores resultados con el tratamiento 1, en general los materiales evaluados reaccionaron diferencialmente a la aplicación de los fertilizantes, siendo el híbrido el que mejor reaccionó en la interacción con el tratamiento 1; para algunos materiales no se observaron diferencias significativas como en el caso del clon ICS - 60. El tratamiento 3 presentó los resultados más bajos en rendimiento, haciéndose evidente la necesidad de fertilización de este cultivo.

Palabras clave: eficiencia, materiales, interacción.

1 Egresado Ingeniería Agronómica; Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. E-mail : joseluisruales@hotmail.com

2 Profesores Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. E-mail:hernan.burbano@googlemail.com, wballesterosp@yahoo.com

ABSTRACT

Nutrition is an alternative to increase yields in the cocoa crop (*Theobroma cacao* L.). For this reason the aim of this study was to assess three levels of fertilization. Treatment 1 (500 grams/tree/year Yaramila Hydran (19-4-19-3 (MgO) -1.8 (S) -0.1 (B) -0.1 (Zn)), 350 grams/tree/year Nitrabor (15,5-0-0-26 (CaO) -0.3 (B), 250 grams/tree/year KMag (0-0-22-18 (MgO) -22 (S) and 50 grams/tree/year of granular KCl). Treatment 2 (250 grams/tree/year Yaramila Hydran (19-4-19-3 (MgO) -1.8 (S) -0.1 (B) -0.1 (Zn)), 175 grams/tree/year Nitrabor (15,5-0-0-26 (CaO) -0.3 (B), 125 grams/tree/year KMag (0-0-22-18 (MgO) -22 (S) and 25 grams/tree/year of granular KCl); these treatments were split every 4 months to improve the assimilation of nutrients by plants. Treatment 3 (300 grams/tree/year humic acid and 100 grams/tree/year sulfoma (K 26%, Mg 11% S 20%), The cocoa performance was evaluated in five materials (hybrid, CCN-51, TSH-565, CAP-34, ICS-60); the trial was conducted in La Granja Luker located in Palestina, Caldas. There were significant differences between doses of the treatments, the best results were treatment 1; Tested materials often reacted differently to the application of fertilizers, hybrid being the most responsive in interaction with treatment 1, for some materials there was significant difference in the case of clone ICS - 60. Treatment 3 gave the lowest scores in performance, the need for fertilization of this crop became evident.

Key words: efficiency, materials, interaction.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los productos que cuenta con ventajas comparativas en Colombia, derivadas de las condiciones naturales para su producción, de las características agroecológicas en términos de clima y humedad; además, una porción no despreciable de la producción de cacao se cataloga como de cacao fino y de aroma que la hace deseable para la elaboración de chocolates finos, que se produce en mayor o menor escala en casi todas las regiones del país. (Martínez *et al.*, 2005)

El cultivo de cacao se enmarca en un sistema agroforestal, principalmente plátano, frutales y maderables, los cuales al mismo tiempo que le proveen sombra al cacao, le permiten al agricultor tener otras alternativas de ingresos. Los sistemas de este tipo se caracterizan por conservar el suelo y el ambiente, en la medida en que son

grandes generadores de biomasa; además de los beneficios que proporciona en la parte ambiental, el cacao es un cultivo tradicional de economía campesina, del cual se estima que viven 27.000 familias (Martínez *et al.*, 2005).

Según cifras de Fedecacao, en Colombia se cultivan 100.000 hectáreas que producen unas 39.000 toneladas anuales, sin embargo, esta cifra no cubre la demanda de la industria y el consumo interno que asciende a 50.000 toneladas; por lo que es necesario hacer importaciones de la materia prima desde África y otros países productores; así mismo, se tiene previsto aumentar el área cultivada de cacao hasta llegar a 300.000 hectáreas y una producción de 360.000 toneladas, incrementando el nivel de productividad actual de 500 kilos por hectárea año a 1.200 kilos (FEDECACAO 2010).

La carencia de fertilización adecuada es una de las causas de los bajos rendimientos del cacao en

el país; además la investigación sobre este tema han sido relativamente escasa, encontrándose que los conocimientos adquiridos en los diferentes países, aunque valiosos, son aún insuficientes para dar una idea clara de las necesidades nutritivas del árbol de cacao (Llano y Marín 1977).

En Colombia la fertilización es una práctica que se halla en pleno desarrollo y seguirá evolucionando en el futuro. Esto se debe, fundamentalmente a que los suelos del país son generalmente deficientes en uno o más de los nutrientes esenciales (N, P, K) para el crecimiento de las plantas. Para la aplicación de fertilizantes, además del tipo y de las dosis a emplear, se debe tener presente otros factores que pueden ser decisivos para que el cultivo produzca ganancias. El abono no produce ganancias si no se utiliza en forma adecuada (Uribe *et al.*, 1998).

En el contexto de la apertura económica especialmente en calidad y precio, el cacao en el orden nacional y regional viene de tiempo atrás ganando cada día más importancia, es así que las posibilidades de exportación, el incremento de la demanda en los mercados locales, la necesidad de diversificar la actividad agrícola tradicional y la factibilidad de desarrollar la agroindustria, son factores que sirven de estímulo para el surgimiento y consolidación de un nuevo gremio de agricultores como es el caso de los cacaocultores (ICCO, 2010).

De tal manera es necesario la elaboración de estrategias técnica económica para recomendaciones que se ajusten a los objetivos y las circunstancias del agricultor, cuando se hacen a un lado factores que son importantes para el agricultor, es muy fácil formular recomendaciones inadecuadas (Aranzazu y Martínez, 2008).

El objetivo de la investigación fue, evaluar los efectos de un sistema de fertilizantes compuestos en dos dosis de aplicación frente al tratamiento tradicional de la granja Luker sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Granja Luker, municipio de Palestina, Caldas; situada a 05° 05' Latitud Norte, 75° 41' Longitud occidente y a 1.050 msnm con una temperatura promedio de 25 °C, humedad relativa del 78%, precipitación promedio anual de 2.350 mm, brillo solar 2.300 horas año. Se evaluaron tres niveles de fertilización en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) de 12 años que está bajo un sistema de sombrío con arboles maderables compuesto por nogal cafetero (*Cordia aleodora*), los materiales se encuentran intercalados en surcos dobles con una densidad de 1200 árboles por hectárea; por otra parte encontramos el sistema de sombrío sembrados a 15 metros entre surcos y 5 metros entre plantas para una densidad de 133 árboles por hectárea (CASA LUKER 2009).

Diseño experimental. El experimento fue conducido y analizado bajo un diseño de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones Cuadro 1, la parcela experimental fue de 6 árboles y la parcela útil de 4 árboles; los materiales evaluados fueron híbridos, CAP – 34, CCN – 51, ICS – 60, TSH – 565, sembrados en triángulo a una distancia de siembra de 3 metros entre plantas por 3 entre surcos.

Según el análisis de suelos, los suelos son derivados de ceniza volcánica, profundos, franco arcillosos, poseen una fertilidad media y una topografía ondulada; tiene un pH de 5.5, con un porcentaje de materia orgánica de 8.2 % y N de 0,34 %; K 0,28 cmol(+)kg₋₁, Ca 1,7 cmol(+)kg₋₁ y Mg 0,7 cmol(+)kg₋₁; P de 9 mg kg₋₁, CIC de 30 cmol(+)kg₋₁; Na 0.029 y Al 0.3 cmol(+)kg₋₁; Fe 152 mg kg₋₁, Mn 29 mg kg₋₁, Zn 7 mg kg₋₁, Cu 14 mg kg₋₁, B 0.32 mg kg₋₁ y S 4.5 mg kg₋₁.

Cuadro 1. Tratamientos y dosis evaluados.

	PRODUCTO	DOSIS
TRATAMIENTO 1 Dosis Alta	Yaramila hydran (19-4-19-3(MgO)-1,8(S)-0,1(B)-0,1(Zn))	500 gramos/ árbol
	Nitrabor (15,5-0-0-26 (CaO)-0,3(B))	350 gramos/ árbol
	Kmag (0-0-22-18(MgO)-22 (S))	250 gramos/ árbol
	KCl granulado	50 gramos/ árbol
	Total	1150 gramos/ árbol/ año
TRATAMIENTO 2 Dosis Media	Yaramila hydran (19-4-19-3(MgO)-1,8(S)-0,1(B)-0,1(Zn))	250 gramos/ árbol
	Nitrabor (15,5-0-0-26 (CaO)-0,3(B))	175 gramos/ árbol
	Kmag (0-0-22-18(MgO)-22 (S))	125 gramos/ árbol
	KCl granulado	25 gramos/ árbol
	Total	575 gramos/ árbol/ año
TRATAMIENTO 3 Testigo	Ácidos húmicos	300 gramos/árbol
	Sulfomag K 26 %, Mg 11 %, S 20 %	100 gramos/árbol
	Total	400 gramos/ árbol/ año

Se realizaron tres aplicaciones fraccionadas con intervalos de cuatro meses cada una, dando inicio en la segunda semana del mes Mayo de 2009, posteriormente en Septiembre y finalizando en el mes de Enero de 2010; para cada aplicación se realizó un plateo al rededor de cada árbol, posteriormente se aplicó cada uno de los tratamientos de forma individual, una vez realizada la fertilización, el área fue cubierta con la hojarasca que se retiró en el plateo.

Variables evaluadas:

Número de mazorcas. Se realizó una recolección quincenal de mazorcas teniendo en cuenta, el número de mazorcas sanas, enfermas (*Monilia* sp., *Phytophthora* sp.) y los daños producidos por ardilla (*Sciurus vulgaris*).

Número de granos por mazorca. Se recolectó una muestra de 10 mazorcas por material, posteriormente se desgranaron las mazorcas, se extrajeron las semillas de forma manual separándolas de la placenta, para finalmente

realizar el conteo de granos por cada una de las mazorcas; además, se determinó el índice de grano, que correspondió al peso promedio de un (1) grano seco; este se obtiene del pesaje de una muestra de 100 granos seleccionados al azar; según la Norma Técnica Colombiana NTC - 1252 de cacao en grano, el peso mínimo en grano apto para la industria debe ser de 1 g. (ICONTEC 2003); obteniendo así el índice mazorca que corresponde al número de mazorcas que se requieren para hacer 1 kilo de cacao seco.

Rendimiento. Corresponde a los kilogramos de cacao seco producidos en un año, para esta evaluación se trabajó con el número de mazorcas sanas además, se sumó las pérdidas por ardilla debido a que este factor generó pérdidas altamente significativas y difiere con el resultado real de la investigación; se tomó como base un total de 1.200 árboles por hectárea; cabe resaltar que en las plantaciones de materiales híbridos solo el 70% de los materiales son productivos.

Se tomaron muestras de almendras de 10 mazorcas por material, las cuales fueron sometidas al proceso de fermentación durante 8 días, se secaron al sol con el fin de realizar un secado natural hasta obtener un 7% de humedad, se determinó el índice de grano para cada material vegetal, este índice correspondió al peso promedio de una almendra seca y se obtuvo a partir del pesaje de una muestra de 100 granos del material seleccionado.

Evaluación estadística. Los datos obtenidos en el periodo de evaluación (1 año) fueron agrupados y ordenados según la fecha y el tipo de material en el programa de Excel, posteriormente fueron analizados por el programa System Analysis Estadistic (SAS), mediante el cual se procedió a realizar una evaluación estadística mediante análisis de varianza (ANDEVA) y cuando se presentaron diferencias estadísticas se hizo la comparación de medias de Tukey (prueba de Tukey P 0,05).

Análisis Económico. Se hizo un análisis de presupuesto parcial teniendo en cuenta el rendimiento promedio por material obtenido multiplicando el número de mazorcas promedio por árbol, número de almendras por mazorcas y el índice de grano; además se tuvo en cuenta los insumos variables, precio de campo de los

insumos, el costo variable y el beneficio neto (Perrin *et al.*, 1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN Número de

mazorcas. Según el análisis de varianza se observa que se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos en cuanto al total de mazorcas; además, hay diferencias significativas en la interacción de los materiales al realizar aplicaciones de los tratamientos, datos que son corroborados por Buritica y López (1975) quienes encontraron que al aplicar diferentes dosis de N – P – K en este cultivo, el número de mazorcas varía según la dosis implementada.

Teniendo en cuenta el número de mazorcas sanas, se observó que existieron diferencias significativas entre los tratamientos; además, los materiales reaccionaron de forma diferente a las aplicaciones de los tratamientos existiendo diferencias significativas entre estos. El ataque por ardilla (*Sciurus vulgaris*) presentó una diferencia altamente significativa, debido a que unos materiales son mas atacados por esta especie (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	INTERACCIÓN	CUADRADO MEDIO	Pr > F
TOTAL	TRAT	1636,6	<,0001
	REP	68,33	0,6138
	MAT	5246,15	<,0001
	TRAT*MAT	1371,86	<,0001
SANAS	TRAT	1287,33	<,0001
	REP	8,57	0,889
	MAT	1913,74	<,0001
	TRAT*MAT	614,76	<,0001

Valores con Pr > F 0.05 Resultado No Significativo

Valores con Pr > F 0.05 Resultado Significativo

La prueba de Tukey muestra que sí hubo respuesta del cultivo a la fertilización. Así, el tratamiento 1 (dosis alta), que difirió estadísticamente de los otros dos, produjo un incremento significativo del número total de mazorcas, con un valor de 37,73 mazorcas por planta, superando en 10 unidades a

las del tratamiento 3 (testigo) con un valor de 27,81 mazorcas por planta y que en términos relativos representó un 36% más de producción. Aunque el tratamiento 2 superó al 3, con dos mazorcas por planta, no hubo diferencia estadística significativa entre estos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de comparación de Tukey para la respuesta del cultivo a las aplicaciones de fertilizantes (mazorcas por planta)

TRATAMIENTOS	<i>Monilia sp.</i>	<i>Phytophthora sp.</i>	SANAS	<i>Ardilla sp.</i>	TOTAL
T1	6,00 a	2,75 a	23,06 a	5,91 ab	37,73 a
T2	4,05 ab	2,60 a	15,48 b	7,80 a	29,93 b
T3	4,85 ab	2,91 a	14,60 b	5,38 b	27,81 b

Valores con la misma letra dentro de cada factor y columna son iguales (prueba de Tukey P 0,05)

El comportamiento de cada material evaluado en cuanto a producción de mazorcas al año fue estadísticamente diferente; el clon CCN – 51 produjo el mayor número de mazorcas con un total de 43,11 mazorcas por árbol; además, obtuvo el índice más alto de mazorcas sanas cosechadas por árbol con un total de 25,83 mazorcas.

El clon TSH – 565 está en un segundo lugar ya que la evaluación dio como resultado un total de 40,47 mazorcas por árbol, de este total 16,61 mazorcas son aptas para la cosecha y 15,38 mazorcas resultaron atacadas por *S. vulgaris*, siendo este el material más atacado y con las mayores pérdidas en el total de mazorcas sanas.

En los materiales híbridos se observó un total de 37,47 mazorcas obtenidas, de las cuales 24,3 mazorcas sanas y 4,81 mazorcas atacadas por *S. vulgaris*. Para el clon CAP–34 se obtuvo un total de 22,36 mazorcas, de éstas 4,27 resultaron atacadas por *Monilia (Moniliophthora roreri)*, 1,94 por la mazorca negra (*Phytophthora infestans*), 13,33 mazorcas sanas y 2,8 mazorcas fueron atacadas por *S. vulgaris*; por otro lado el ICS – 60 produjo el menor número de mazorcas con un total de 15,72 mazorcas de las cuales solo 8,61 mazorcas resultaron sanas y 1,22 atacadas por *S. vulgaris* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de comparación de Tukey para la producción promedio de los materiales evaluados (mazorcas por planta)

MATERIALES	<i>Monilia sp</i>	<i>Phytophthora sp</i>	SANAS	<i>Ardilla sp</i>	TOTAL
CCN-51	2,83 bc	6,88 a	25,83 a	7,55 b	43,11 a
TSH -565	6,61 a	1,86 b	16,61 b	15,38 a	40,47 a
HIBRIDOS	6,00 ab	2,30 b	24,30 a	4,81 c	37,47 a
CAP-34	4,27 bc	1,94 b	13,33 b	2,80 cd	22,36 b
ICS-60	5,11 ab	0,77 b	8,61 c	1,22 cd	15,72 c

Valores con la misma letra dentro de cada factor y columna son iguales (prueba de Tukey P 0,05)

De acuerdo con el análisis estadístico, en la interacción entre los tratamientos y los diferentes materiales evaluados se observa, que hay un incremento significativo al realizar las aplicaciones de los fertilizantes; al respecto, Appiah *et al.* (2000) encontraron resultados semejantes con la aplicación de fertilizantes en distintas explotaciones agrícolas de cacao en Ghana.

Los materiales híbridos mostraron los mejores resultados con el tratamiento 1 (dosis alta) obteniendo un total de 63,75 mazorcas por árbol al año, en comparación con el tratamiento 3 aplicado en estos mismos materiales que obtuvieron 21,00 mazorcas por árbol al año; por otro lado el clon TSH – 565 se comportó positivamente a la aplicación de fertilizantes químicos logrando obtener 45,33 mazorcas por árbol al año, comparado con el tratamiento 1 que alcanzó 34,83 mazorcar por árbol al año. En los demás materiales no se logró apreciar alguna diferencia marcada teniendo en cuenta que es el primer año de evaluación (Cuadro 5). Estos

datos concuerdan con los estudios realizados por Sánchez y Dubón (2007), quienes encontraron una diferencia de 129 kg/ha de cacao equivalente a 22% cuando compararon datos de un lote fertilizado y otro sin fertilizar.

Teniendo en cuenta las dosis de fertilizantes empleadas en los tratamientos, las menores producciones se lograron cuando se aplicó el tratamiento 3 en los diferentes materiales evaluados, excepto en el clon CCN – 51 que produjo 48,16 mazorcas por planta al año pero, aun así, la diferencia no es significativa teniendo en cuenta que es el primer año de aplicación de estos productos; al respecto Mejía y Palencia (2000) aseguran que es necesaria la aplicación de fertilizantes químicos para obtener mejores rendimientos en el cultivo del cacao. No hay que perder de vista la experiencia de Moreno y Barros (1968), quienes observaron que el efecto de la aplicación de fertilizantes en cacao comienza a manifestarse en la producción de cacao, a partir del quinto o sexto mes después de aplicados los productos.

Cuadro 5. Prueba de comparación de Tukey para la interacción entre tratamientos y materiales (mazorcas por planta)

INTERACCIÓN	<i>Monilia sp.</i>	<i>Phytophthora sp.</i>	<i>Ardilla sp.</i>	SANAS	TOTAL
Hibrido * T1	11,83 a	4,83 b	6,83 c	40,25 a	63,75 a
Hibrido * T2	3,50 cde	1,00 d	4,16 cde	19,00 ed	27,66 de
Hibrido * T3	2,66 ed	1,08 d	3,58 cde	13,66 efghi	21,00 efg
CAP-34 * T1	3,50 cde	1,41 d	3,66 cde	15,25 defg	23,83 efg
CAP-34 * T2	3,83 bcde	1,16 d	2,00 cde	18,25 def	25,25 def
CAP-34 * T3	5,50 bcde	3,25 bcd	2,75 cde	6,50 i	18,00 efg
ICS-60 * T1	6,08 bcd	1,16 d	0,75 e	7,91 ghi	15,91 fg
ICS60 * T2	4,66 bcde	0,75 d	1,66 de	7,08 hi	14,16 g
ICS-60 * T3	4,58 bcde	0,41 d	1,25 e	10,83 fghi	17,08 efg
CCN-51 * T1	2,00 e	4,41 bc	4,25 cde	29,16 bc	39,80 bc
CCN-51 * T2	2,41 ed	8,58 a	12,08 b	18,25 def	41,33 bc
CCN-51 * T3	4,08 bcde	7,66 a	6,33 cd	30,08 b	48,16 b
TSH-565 * T1	6,58 bc	1,91 cd	14,08 b	22,75 cd	45,33 bc
TSH-565 * T2	5,83 bcde	1,50 d	19,08 a	14,83 efgh	41,25 bc
TSH-565 * T3	7,41 b	2,16 bcd	13,00 b	12,25 efghi	34,83 cd

Valores con la misma letra dentro de cada factor y columna son iguales (prueba de Tukey P 0,05)

En el estudio de los diferentes tratamientos en el ensayo, no se observa una relación directa entre la aplicación de estos y el manejo de plagas y enfermedades, esta misma conclusión fue obtenida por Appiah *et al.* (2000). Por otro lado existe una diferencia marcada entre materiales teniendo en cuenta el ataque de plagas y enfermedades.

La producción del tratamiento 3 (testigo) fue estadísticamente igual a los tratamientos 1 y 2 para algunos materiales como en el caso de CAP-34, ICS-60, CCN-51 y TSH 565; este comportamiento posiblemente es atribuible a la incompatibilidad de algunos de los materiales en el lote. Aranzazu *et al.* (2009) señalan que a pesar del evidente avance que se ha tenido en los últimos años en cuanto al uso de materiales genéticos, aún se requiere ajustes a los modelos de siembra, que contemplen criterios sobre compatibilidad e intercompatibilidad, de tal manera que se garantice una buena eficiencia en la fertilidad floral.

Cabe resaltar que el cultivo se encuentra bajo un sistema agroforestal que le provee sombra. Por experiencias en ensayos anteriores se ha encontrado que hay una mejor respuesta cuando el cultivo está expuesto directamente al sol, pero que estas han sido inconsistentes cuando existen árboles de sombra (Uribe *et al.*, 1998).

Número de granos por mazorca. Se encontró que los materiales híbridos poseen en promedio 43 granos por mazorca; el clon CAP-34 tiene 36, con el clon CCN-51 se obtuvo 44, el clon ICS-60 40 y el material TSH-565 produjo 40 granos por mazorca (Tabla 6).

Índice de grano. Los materiales presentaron características variables en cuanto al índice de grano, encontrando que el clon ICS – 60 presentó el índice de grano más alto con 2,2 gramos seguido por el clon CAP – 34 con 2,0 gramos, los clones CCN – 51 y TSH – 565 tienen un índice muy parecido con 1,5 y 1,4 respectivamente, los índices de grano más bajo fueron obtenidos por

los materiales híbridos con un peso promedio de 1,2 gramos (Cuadro 6).

Teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana – 1252 los materiales evaluados (híbridos, CCN-51, CAP-34, ICS-60, TSH-565) cumplen con los requisitos en cuanto a índice de grano, superando el promedio propuesto por las normas ICONTEC de 1g (0,99 – 0,90 g).

Índice de Mazorca. Se determinó que esta variable fue independiente para cada material evaluado encontrando que para los materiales híbridos es necesario obtener 19 mazorcas por planta para obtener 1 kilo de cacao seco, por lo tanto en este material realizando aplicaciones con el tratamiento 1 el número de mazorcas por árbol alcanzo un total de 47, con el tratamiento 2 se logró obtener 23 mazorcas por árbol sobrepasando al tratamiento 3 que tan solo alcanzó 17 mazorcas por árbol; para el material CAP – 34 se determinó que es necesario como mínimo obtener 14 mazorcas por árbol, los tratamientos 1 y 2 respondieron positivamente con esta variable ya que se obtienen 19 y 20 mazorcas por árbol respectivamente duplicando al testigo que tan solo obtuvo 9 mazorcas por árbol; el material ICS – 60 obtuvo únicamente 9 mazorcas por árbol con los tratamientos 1 y 2 mientras que con el tratamiento 3 se logró obtener 12 mazorcas por árbol, siendo este superior al índice mazorca necesario para obtener 1 kilo de cacao seco; el índice de mazorca para el material CCN – 51 es de 15 mazorcas por árbol, mediante los tratamientos 1, 2 y 3 se logró duplicar la producción alcanzando 33, 30 y 36 mazorcas por obteniendo un número mayor de mazorcas por árbol con el tratamiento 3; los resultados indican que para el material TSH – 565 aplicando el tratamiento 1 se obtienen 37 mazorcas por árbol generando 12 mazorcas más que el testigo, en orden de importancia le sigue el tratamiento 2 con un promedio de 34 mazorcas siendo este mayor que el obtenido con el tratamiento que tan solo obtuvo 25 mazorcas por árbol (Cuadro 6).

Teniendo en cuenta las características agronómicas de los materiales se determinó que las variables: número de mazorcas por planta, número de granos por mazorca e índice de grano, son independientes para cada material, influyendo directamente en la producción y rendimiento de los mismos.

Existe un coeficiente de variación relativamente alto que indica que existe variabilidad entre clones, principalmente en cuanto a características que componen el rendimiento (Mejía y Arguello 2000).

Cuadro 6. Características agronómicas de los materiales evaluados

MATERIALES	HIBRIDO			CAP-34			ICS-60			CCN-51			TSH-565		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Tratamiento	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Número de granos por mazorca	43	43	43	36	36	36	40	40	40	44	44	44	40	40	40
Índice de grano	1,2	1,2	1,2	2	2	2	2,2	2,2	2,2	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
Mazorcas por planta	47	23	17	19	20	9	9	9	12	33	30	36	37	34	25
Índice de mazorca	19	19	19	14	14	14	11	11	11	15	15	15	18	18	18

Rendimiento. El tratamiento 1 (dosis alta) provocó un incremento significativo en la producción de mazorcas por planta en los materiales híbridos a diferencia de los clones, no obstante se debe tener en cuenta que estos materiales poseen un índice de grano muy bajo por tal razón esto disminuyó su potencial productivo y aunque generó pérdidas

en su rendimiento esto fue compensado con su alta producción de mazorcas por árbol; contrariamente, los materiales clonales a pesar de poseer un menor número de mazorcas por planta, generan rendimientos superiores debido a que tienen un índice de grano considerable que compensa la baja producción de mazorcas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento de los materiales evaluados en la Granja Luker (kg/ ha/ año)

MATERIALES	HIBRIDO			CAP - 34			ICS - 60			CCN - 51			TSH - 565		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Plantas productivas por hectárea	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Número de granos por mazorca	43	43	43	36	36	36	40	40	40	44	44	44	40	40	40
Índice de grano	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0	2,2	2,2	2,2	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
Número de mazorcas por planta	47	23	17	19	20	9	9	9	12	33	30	36	37	34	25
Rendimiento Ajustado (Kg/ha)	2910	1424	1052	1641	1728	778	950	950	1267	2613	2376	2851	2486	2284	1680

Los materiales Híbridos, CAP – 34 y TSH – 565 reaccionaron de forma positiva a los tratamientos 1 y 2 obteniendo un porcentaje mayor en rendimiento comparado con el tratamiento 3; tal es el caso de los materiales Híbridos donde el tratamiento 1 superó al testigo obteniendo 177% más en rendimiento y mediante el tratamiento 2 se logró un incremento de 35%, por otro lado el clon TSH – 565 obtuvo un incremento de 48% y 36% más con los tratamientos 1 y 2 respectivamente en rendimiento comparados con el testigo; el clon CAP – 34 alcanzó un porcentaje promedio de 111% para el tratamiento 1 y 122% más con el tratamiento 2 que el testigo; En los clones CCN – 51 y ICS – 60 los tratamientos 1 y 2 no superaron al testigo (Cuadro 7).

Al respecto Uribe *et al.* (1998), obtuvieron datos similares observando que, aplicando una dosis alta de fertilizante, en este caso mediante el tratamiento 150-90-200 kg/ha de N – P - K respectivamente se considera mejor con una producción de 1159 kg de grano seco/ha que superó al testigo en 597 kg.ha⁻¹, equivalente al 51% de incremento; lo cual resulta altamente significativo de acuerdo con el análisis de varianza para la variable rendimiento.

Investigaciones realizadas por Llano y Marín (1977), demostraron que la aplicación de fertilizantes en cacao bajo sombra aumentaba la producción en 25% pasando de 60 a 75 arrobas por hectárea. Por otro lado estudios realizados en una plantación de cacao híbrido de 5 años de edad, con 50% de sombra en la zona bananera de Santa Marta, demostraron que los mayores rendimientos de cacao seco en kg/ha/año, se obtuvieron con aplicaciones de una dosis de 350 kg/ha/año de fertilizantes de grado 12-6-22-2, encontrándose los rendimientos del orden del 46% con relación al testigo (Quiroz, 1981).

Cada material reaccionó en forma diferente a la aplicación de los fertilizantes, por lo tanto, los materiales híbridos reaccionaron más rápido a la aplicación de los tratamientos, estos materiales obtuvieron los mejores rendimientos mediante la aplicación del tratamiento 1, ya que se alcanzó una producción de 2.910 kg.ha⁻¹, comparado con el tratamiento 3 que tan solo produjo 1.052 kg.ha⁻¹, generando una diferencia de 1.858 kg.ha⁻¹ (Figura 1).

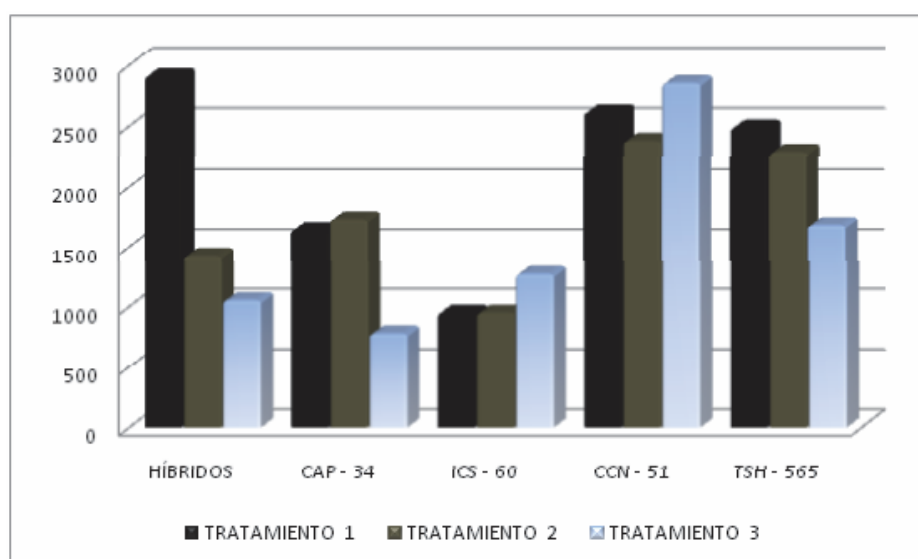


Figura 1. Rendimiento promedio de los materiales evaluados (kilogramos de cacao seco por hectárea al año)

Los tratamientos 1 y 2 aplicados en el material CAP-34, no difieren estadísticamente entre sí, pero son superiores al tratamiento 3, aplicando estos dos tratamientos aumentó significativamente la producción alcanzando $1641 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con el tratamiento 1, con el tratamiento 2 se obtuvo $1728 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a diferencia del tratamiento 3 que tan solo obtuvo $778 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

El comportamiento del material ICS – 60 fue inconsistente, ya que los rendimientos obtenidos aplicando los tratamientos 1 y 2 no superan al testigo, obteniendo $950 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con estos, por otro lado el tratamiento 3 obtuvo $1267 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Esta reacción posiblemente está ligada a la falta de polinización, ya que además de ser un material autoincompatible este material se encontraba en un modelo de siembra con el clon CAP – 34 en la mayoría del lote lo que dificultó la polinización debido a que estos materiales son inter-incompatibles, afectando el cuajamiento de las mazorcas.

En el material CCN – 51 el tratamiento 3 con $2.851 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ superó a los tratamientos 1 y 2; que alcanzaron 2.613 y $2376 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente, sin embargo este material fue el más productivo en el periodo evaluado superando los $2.200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ al año. Los altos rendimientos de este clon pueden atribuirse a que es un material auto-compatible lo cual incrementa el porcentaje de polinización; no obstante la aplicación del tratamiento 3 fue óptima para el mantenimiento de la producción de este material.

Por otro lado el clon TSH – 565 reaccionó positivamente a las aplicaciones de el tratamiento 1 obteniendo $2.486 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ seguido por el tratamiento 2 que alcanzo $2.284 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ superando al tratamiento 3 en 806 y $604 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente.

Análisis económico. Los materiales híbridos, reaccionaron de forma positiva a los tratamientos 1 y 2 obteniendo una diferencia significativa en rendimiento comparado con el tratamiento 3; donde el tratamiento 1 superó al testigo, obteniendo 1.858 kg/ha/año más que este, el tratamiento 2 logró obtener 372 kg/ha/año más; generando un aumento de $\$3.776$ y $\$2.902$ respectivamente por cada kilo de cacao seco aumentado (Cuadro 8).

Por otro lado el material TSH – 565 obtuvo un incremento significativo en rendimiento ya que logró alcanzar un total de 2486 y $2284 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con los tratamientos 1 y 2 respectivamente comparados con el tratamiento 3 (testigo) que solo alcanzó 1680 kg/ha ; formando una diferencia de $806 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con el tratamiento 1 y $604 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con el tratamiento 2; lo que significa que por cada kilo adicional producido hay un beneficio de $\$2.836$ para el tratamiento 1 y $\$3.525$ para el tratamiento 2.

Mediante los tratamientos 1 y 2 el clon CAP – 34 alcanzó un promedio de $1.641 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $1728 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ superando al tratamiento 3 que tan solo obtuvo $778 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, logrando un incremento de 863 y $950 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; logrando un ingreso adicional considerable, obteniendo una ganancia por kilo adicional de $\$2.950$ con el tratamiento 1 y $\$3.684$ con el tratamiento 2.

Estudios realizados por Mejía y Palencia (2000) anuncian que, el incremento en la rentabilidad se debe al aumento de la producción puesto que las aplicaciones que obtienen mayor rentabilidad son las que registra más producción.

Cuadro 8. Presupuesto parcial del ensayo de fertilización realizado en la Granja Luker (Beneficio neto kg.ha⁻¹)

MATERIALES															
	HIBRIDO			CAP-34			ICS-60			CCN-51			TSH-565		
TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Rendimiento promedio (Kg/planta)	2,42	1,18	0,87	1,36	1,44	0,64	0,79	0,79	1,05	2,17	1,98	2,37	2,07	1,90	1,4
Rendimiento ajustado (Kg/ha)	2910	1424	1052	1641	1728	778	950	950	1267	2613	2376	2851	2486	2284	1680
Beneficio bruto de campo (\$/ha a 4500/Kg)	13.096.080	6.408.720	4.736.880	7.387.200	7.776.000	3.499.200	4.276.800	4.276.800	5.702.400	11.761.200	10.692.000	12.830.400	11.188.800	10.281.600	7.560.000
COSTOS MONETARIOS VARIABLES															
Yaramila (\$1100 Kg)	550	275	-	550	275	-	550	275	-	550	275	-	550	275	-
Nitrabor (\$ 930 Kg)	326	163	-	326	163	-	326	163	-	326	163	-	326	163	-
Kmag (\$ 1300 Kg)	325	163	130	325	163	130	325	163	130	325	163	130	325	163	130
KCl (\$ 1000 Kg)	50	25	-	50	25	-	50	25	-	50	25	-	50	25	-
Ácidos húmicos (\$450 Kg)	-	-	135	-	-	135	-	-	135	-	-	135	-	-	135
Costo monetario variable (\$/ha)	1.500.600	750.300	318.000	1.500.600	750.300	318.000	1.500.600	750.300	318.000	1.500.600	750.300	318.000	1.500.600	750.300	318.000
COSTOS VARIABLES DE OPORTUNIDAD															
Numero de aplicaciones	6	6	2	6	6	2	6	6	2	6	6	2	6	6	2
Plateo	9	9	6	9	9	6	9	9	6	9	9	6	9	9	6
Tapado	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2
Valor jornal (\$)	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Costos de oportunidad variable (\$)	360.000	360.000	200.000	360.000	360.000	200.000	360.000	360.000	200.000	360.000	360.000	200.000	360.000	360.000	200.000
Total de costos variables (\$/ha)	1.860.600	1.110.300	518.000	1.860.600	1.110.300	518.000	1.860.600	1.110.300	518.000	1.860.600	1.110.300	518.000	1.860.600	1.110.300	518.000
Beneficio neto (\$/ha)	11.235.480	5.298.420	4.218.880	5.526.600	6.665.700	2.981.200	2.416.200	3.166.500	5.184.400	9.900.600	9.581.700	12.312.400	9.328.200	9.171.300	7.042.000

Se encontró que para el material CCN – 51 los beneficios obtenidos por la aplicación de los tratamientos 1, 2 y 3 fueron bien remunerados al obtener 2.613, 2.376 y 2.851 kg/ha al año lo que generó ingresos de \$3.789 aplicando el tratamiento

1 por cada kilo de cacao producido, \$4.033 con el tratamiento 2 y \$4.319 con el tratamiento 3 siendo este el que generó las mayores ganancias por hectárea.

Los bajos rendimientos obtenidos con los tratamientos 1 y 2 en el material ICS – 60 la aplicación

CONCLUSIONES

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) respondió en forma positiva a la aplicación de fertilizantes compuestos; sin embargo cada material reaccionó en forma diferente a las dosis de los tratamientos utilizados.

Los mayores rendimientos de cacao seco por hectárea se obtuvieron con la aplicación de los tratamientos 1 y 2 con diferencias estadísticas significativas respecto al testigo – tratamiento 3- ($p < 0.05$), encontrándose rendimientos del orden de 177% y 35% en los materiales híbridos con los tratamientos 1 y 2; 48% y 36% en el material TSH – 565 y 111% para el tratamiento 1 y 122% con el tratamiento 2 en el material CAP – 34; únicamente en los clones CCN – 51 y ICS – 60 los tratamientos 1 y 2 no superaron al testigo.

El análisis económico demostró que la fertilización en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es una práctica rentable, ya que incrementa el rendimiento del cacao kg/ha/año y por lo tanto se obtuvieron ganancias del orden de \$3.187 con el tratamiento 1 y

\$3.747 con el tratamiento 2 por cada kilo de cacao seco extra producido.

AGRADECIMIENTOS

A Casa Luker, Yara Colombia y a los doctores Juan Carlos Arroyabe, Pedro A. Castellanos, Roberto Añez, Alberto Agudelo, Hernán Burbano y William Ballesteros por su colaboración en la realización y desarrollo de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

APPIAH. M.; OFORI. K.; AFRIFA. A. 2000. Evaluation of fertilizer application on some peasant cocoa farms in Ghana, Vol. 33 en línea. En: www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612005000200008&script=sci_arttext - 28k – Consulta: Enero de 2010.

ARANZAZU, F.; MARTÍNEZ, N. 2008. Proyecto “fertilización de cacao en Colombia”, Federación Nacional de Cacaoteros. Colombia. 5 p.

ARANZAZU, F.; MARTÍNEZ, N.; RINCÓN, D.; PALENCIA, G. 2009. Materiales de cacao en Colombia, su compatibilidad sexual y modelos de siembra. Federación Nacional de Cacaoteros, Colombia 28 p.

BURITICÁ, J.; LOPEZ, L.; 1975. Ensayo de fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda Calamar, Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Universidad de Manizales, Colombia. 92 p

CASA LUKER. 2009. Granja Luker. En línea. En: <http://www.casaluker.com/espanol/granjaluker.html>: Junio 2009.

ICONTEC. 2003. Norma Técnica Colombiana 1252. Ed. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, Colombia. 12 p.

FEDECACAO. 2010. Se abre fondo de inversión en el cultivo de cacao, en línea. En: <http://www.fedecacao.com.co/cw/index.php?secinfo=18&Noticia=2153>: Julio 2010.

INTERNACIONAL COCOA ORGANIZATION, ICCO. 2010. Informe Anual 2008 – 2009, en línea. En: http://www.icco.org/pdf/An_report/AnnualReport20082009.pdf
Consulta: Agosto 2010.

LLANO, O.; MARÍN, C. 1977. Segunda etapa del ensayo de fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda Calamar, Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Universidad de Manizales, Colombia. 99 p.

MARTÍNEZ, H.; ESPINAL, C.; ORTIZ, L. 2005. La cadena del cacao en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991 – 2005, Documento de trabajo no. 58, en línea. En: <http://www.agrocadenas.gov.co>. 49 p. Consulta: Abril 2010.

MEJÍA, L.; ARGÜELLO O. 2000. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Ed. Corpoica, Bucaramanga, Colombia. 144 p.

MEJÍA, L.; PALENCIA, G. 2000. Efecto de la nutrición en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona productora de Santander. (102 – 112p) En: L.; ARGÜELLO, O. 2000.

Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Ed. Corpoica, Bucaramanga, Colombia. 144 p.

MORENO, G.; BARROS, N. 1968. Observaciones preliminares sobre la respuesta del cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de N, P y K, en suelos del Valle del Cauca, Colombia. 216 p.

PERRIN, R.; WINKELMANN, D.; MOSCARDI, E.; ANDERSON, J.; 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica, Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo, México D.F.; 54 p.

QUIROZ, P.; 1981. Abonamiento del cacao con fertilizantes químicos compuestos en el corregimiento de Rio Frio zona bananera. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Santa Marta, Universidad del Magdalena.

SÁNCHEZ, J.; DUBÓN, A. 2007. Ensayo de nutrición en el cultivo de cacao, Informe técnico 2006, FHIA, Honduras. 12 p.

URIBE, A.; MÉNDEZ, H.; MANTILLA, J. 1998. Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelos del departamento de Santander, Informaciones agronómicas No 41, en línea. En: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/3EDA87EC9C1009C305256A0A005C3A64/\\$file/Efecto+de+niveles+de+NPK.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/3EDA87EC9C1009C305256A0A005C3A64/$file/Efecto+de+niveles+de+NPK.pdf) 4 p. Consulta: Enero 2010.